

Robbert Dijkgraaf

## Is daar iemand?

Zoeken naar leven in het heelal krijgt wetenschappelijke dimensies

*De Academische Boekengids* 48, januari 2005, pp. 9-12.

Moet de vraag of er buitenaards leven bestaat serieus worden genomen? 'Waar is iedereen?', vroeg de natuurkundige Enrico Fermi zich een halve eeuw geleden op grond van kansrekening al af. Empirisch onderzoek brengt het antwoord dichterbij.

Het dichtste dat ik ooit bij een mystieke ervaring ben gekomen, was tijdens een vertoning in het planetarium van het mooiste museum ter wereld, het American Museum of Natural History, dat laat-negentiende-eeuwse bastion van de wetenschap aan de rand van Central Park in Manhattan. Daar, in de geheel gerenoveerde koepelzaal van het Hayden Planetarium, werd met de nieuwste computertechnieken ster voor ster een digitale weergave van de Melkweg geprojecteerd. Vervolgens maakten we een reis waarvan men vroeger alleen kon dromen. Door dichte sterrenhopen, langs nevels en gaswolken, reisden we verder en verder weg, totdat de zon als een onbetekenend sterretje in het kosmische behang was opgenomen. Gelukkig was de vliegroute met digitale broodkruimeltjes in het computergeheugen opgeslagen. Want daar, verdwaald midden tussen de sterren, had ik nooit zelf weer de weg terug naar huis kunnen vinden. Ik voelde me dan ook opgelucht toen we weer op de Aarde waren geland, om daar veilig onder de warme wolkendeken te kunnen wegkruipen. Want naast een gevoel van verwondering en mysterie, kreeg ik bij deze imaginaire reis ook een acute aanval van pleinvrees. Het heelal zag er wel akelig groot, leeg en stil uit. Kom je eigenlijk wel iets of iemand tegen als je werkelijk op hemelreis zou gaan? Zijn we alleen in de Melkweg? En als dat niet het geval is, waar is iedereen dan?

Deze vraag werd voor het eerst scherp gesteld door de Italiaanse (en later Amerikaanse) kernfysicus Enrico Fermi (1901-1954). Fermi was een echte *physicist's physicist*, een natuurkundige zoals natuurkundigen die graag zien: van alle markten thuis, van abstracte theorie tot praktische experimenten. Geen onderwerp was voor hem taboe. Fermi was vooral onverslaanbaar in de voor de fysica zo karakteristieke sommetjes op de achterkant van een sigarendoosje, de snelle eerste schatting van een antwoord die het halve werk is.

Bijvoorbeeld: hoeveel pianostemmers zijn er in Chicago? Dat was een typische vraag die Fermi graag tijdens zijn colleges stelde. En dan was het niet de bedoeling dat de studenten direct naar de *Gouden Gids* renden om het antwoord op te zoeken. Nee, zij moesten met een systematische schatting van de verschillende factoren het antwoord proberen te *berekenen*. Zo moesten zij zich afvragen: Wat is het aantal inwoners van Chicago? Hoeveel gezinnen zijn dat? Welk percentage van die gezinnen heeft een piano? Hoe vaak laat je een piano stemmen? Hoeveel piano's kan een pianostemmer aan op een dag? Door vraag en aanbod zo te combineren, kun je een redelijke voorspelling doen van het aantal pianostemmers, zeg op een factor twee nauwkeurig. Ik heb dat wel eens met mijn studenten voor Amsterdam gedaan en we kwamen op een tiental pianostemmers, ruwweg het aantal dat we ook in het telefoonboek konden terugvinden.

Deze vaardigheid van Fermi werd getest in de zomer van 1950 bij een lunchbespreking in het kernwapenlaboratorium in Los Alamos. Die periode was het hoogtepunt van de vliengendeschoolmanie in de Verenigde Staten. De sensatiebladen stonden vol met berichten over onverklaarbare hemelverschijnselen en bezoeken van buitenaardse wezens. Die dagen was er ook sprake van een mysterieuze verdwijning van vuilnisvaten in New York. Een cartoonist had de twee onderwerpen gecombineerd. Het lunchgezelschap grapte dat de theorie van de vuilnisbakken stelende Marsmannetjes een goede wetenschappelijke verklaring vormde, want zo kon men met één aanname twee effecten duiden. Het gesprek nam snel een andere wending, maar midden in de lunch viel Fermi opeens stil en zei toen: *Where is everybody?* Het was voor zijn tafelmanieren direct duidelijk waar Fermi op doelde. Hij had met zijn gebruikelijke methode snel de kans berekend dat buitenaardse wezens zouden bestaan en contact met ons zouden zoeken. En hij had geconcludeerd dat die kans veel groter is dan we op grond van het aantal daadwerkelijke contacten mogen veronderstellen.

Sindsdien staat die vraag bekend als de Fermi-paradox of ook wel de 'Grote Stilte'. Waarom is de Aarde, voorzover wij weten, nog niet door ET bezocht? Waarom hebben we nog niets uit de rest van het heelal vernomen? Er is tijd genoeg geweest, want ons heelal is per slot van rekening bijna veertien miljard jaar oud. Als een paar miljard jaar geleden ergens in ons sterrenstelsel een buitenaardse beschaving ontstaan is, en dat is toch goed voorstelbaar, dan heeft deze ruim de gelegenheid gehad om zich over de Melkweg te verspreiden. En dat hoeft helemaal niet noodzakelijk door Marsmannetjes in vliegende schotels. Het zou ook prima

**kunnen met zichzelf reproducerende robotsondes, net zoals wij nu ons zonnestelsel ook grotendeels mechanisch exploreren. Volgens Fermi's schatting hadden we al lang wat moeten horen of zien.**

'DE VRAAG OF ER INTELLIGENT LEVEN BUITEN DE AARDE TE VINDEN IS, IS DUIZELINGWEKKEND, ZOWEL VANWEGE HET ENORME BELANG VAN DE VRAAG ALS VANWEGE HET ABSURDE GEBREK AAN ZINVOLLE METHODEN OM DEZE TE BEANTWOORDEN.'

De vraag of er intelligent leven buiten de Aarde te vinden is, is duizelingwekkend, zowel vanwege het enorme belang van de vraag, als vanwege het absurde gebrek aan zinvolle methoden om deze te beantwoorden. Beide mogelijke scenario's hebben geweldige consequenties voor ons wereldbeeld. Stel bijvoorbeeld dat we werkelijk alleen zijn. Stel dat het ontstaan van intelligent leven, zoals dat op Aarde heeft plaatsgevonden, een zó ongelooflijke toevalstreffer is dat wij uniek zijn in het heelal, of althans uniek in de Melkweg. Deze aanname wordt wel de *Rare Earth*-hypothese genoemd. In dat geval zou het gehele universum een kosmische show zijn met alleen ons als toeschouwer - een beetje zoals mijn ervaring in het planetarium.

De idee van de Aarde als een zeldzame en bedreigde soort legt niet alleen een zware verantwoordelijkheid op onze schouders. Een dergelijke speciale positie is ook een volledige omkering van een eeuwenlange trend van wetenschappelijke statusverlaging van de mens en zijn natuurlijke habitat. De natuurwetenschappen hebben steentje voor steentje ons zelfbeeld afgebroken. Waren we eerst nog de CEO van het universum, nu zijn we eerder een toevallige medewerker in een bijkantoor in de provincie geworden. Het werk van Copernicus, Galilei, Newton, Darwin en Einstein heeft ons geleerd dat de Aarde helemaal niet zo'n bijzondere plek is en dat de mens helemaal niet uitverkoren is. We zijn een intelligente soort primaten, toevallig omhooggevallen in de evolutionaire boom van het leven. En de Aarde is niet het centrum van het universum, maar gewoon een middelkleine planeet die zijn rondjes draait rond een kleine ster, ergens aan de rand van een doorsnee melkwegstelsel. Maar, als het leven zo zeldzaam is als sommigen denken, dan is de Aarde misschien weer de mooiste plek in het heelal, juist omdat wij er leven!

Maar het alternatief, dat er wél leven te vinden is buiten de Aarde, is ook moeilijk te omvatten. Want waar is dat leven dan? Hoe ziet het eruit? Hoever zijn deze beschavingen gevorderd? In dat geval is onze kennis van het universum hopeloos incompleet. We weten zelfs niet eens hoeveel we niet weten.

De berekening die Fermi even snel tijdens de lunch maakte, werd tien jaar later geformaliseerd door de radio-astronoom Frank Drake. Hij goot hem in de vorm van een wiskundige formule, die de kans op contact van een buitenaardse beschaving berekent op grond van een aantal belangrijke, maar bijna onmogelijk te bepalen factoren. Zoals het aantal planeten in de Melkweg waarop leven mogelijk is, en de kans dat dit leven ook daadwerkelijk ontstaat en vervolgens evolueert tot organismen die ook interstellair kunnen en willen communiceren. De vergelijking van Drake is daarom nauwelijks kwantitatief te noemen, aangezien het niet meer is dan een product van grote vraagtekens. Uiteindelijk is er nog steeds maar één datapunt voor onze statistiek: het leven op Aarde zelf. Drake's berekening is alleen belangrijk vanwege haar taboedoorbrekende karakter. Het was ongehoord, zeker in 1961, om een wetenschappelijk artikel over Marsmannetjes te durven schrijven.

Maar ondanks de fantastische onzekerheden, leveren zelfs de pessimistische schattingen van de uitkomst van Drake's vergelijking al gauw een duizendtal beschavingen in de Melkweg op. Als die er inderdaad zijn, vanwaar dan toch die Grote Stilte?

In het boek *Where Is Everybody?* doet de fysicus Stephen Webb een poging een catalogus van mogelijke antwoorden op de paradox van Fermi te geven. Hij bespreekt in totaal vijftig antwoorden. Dat is verhelderend, alleen al om een indruk te krijgen van de ongelooflijke onzekerheden die dit soort vraagstellingen plagen. Er zijn ruwweg drie soorten antwoorden mogelijk op de vraag waar iedereen is. Heel kort door de bocht zijn dat: a) ze zijn hier al geweest, b) ze zijn er wel maar hebben nog niets van zich laten horen, en c) ze zijn er niet.

De antwoorden in categorie a) hebben een hoog Erich von Däniken-gehalte, hoewel er naast de bekende verhalen over UFO's en goden als kosmonauten, wel creatievere scenario's zijn bedacht. Sommige daarvan zijn moeilijk te weerleggen. Zo vind ik het wel een mooi idee dat de Aarde een nationaal park of een dierentuin is in een galactische beschaving, en dat deze beschaving er alles aan doet om ons met rust te laten, zodat we ongestoord in onze natuurlijke habitat kunnen blijven doormodderen. Dit alles ter lering en vermaak van de rest van de kosmos. De Aarde als *big brother*-huis.

In categorie c) vinden we veel argumenten voor de *Rare Earth*-hypothese. Men kan gemakkelijk enkele zeer onwaarschijnlijke omstandigheden noemen die cruciaal lijken te zijn geweest voor het ontstaan en behoud van leven op Aarde. Zo heeft de Aarde relatief gezien een erg grote maan, niet veel kleiner dan de reuzenplaneten Jupiter en Saturnus. De Maan heeft een kalmerende invloed op de Aarde. Ze zorgt ervoor dat de draaiingsas van de Aarde altijd in dezelfde richting blijft tollen. Dat is belangrijk, want als die as plotseling zou omklappen - wat regelmatig bij andere planeten is voorgekomen - dan migreert in korte tijd de noordpool over de evenaar naar de zuidpool. Het klimaat zou daardoor volledig ontregeld

worden, met zeer ernstige consequenties voor de continuïteit van het leven.

Een andere, even onwaarschijnlijke factor, is de aanwezigheid van Jupiter zelf. Deze draait als een soort reusachtige wachter in een ruime baan om de Aarde. De enorme zwaartekrachtswerking van Jupiter zorgt ervoor dat vele kometen de Aarde niet kunnen bereiken omdat ze eenvoudigweg door Jupiter worden weggeveegd. Daardoor zijn desastreuze inslagen, zoals degene die 65 miljoen jaar geleden mogelijk de dinosauriërs de das omdeed, verhoudingsgewijs zeldzaam. De volgende keer dat u 's nachts naar de hemel kijkt, moet u zich dus goed realiseren dat dit kleine goudgele puntje hoog daarboven onze engelbewaarder is.

Ten slotte vinden we in categorie b) vele argumenten waarom buitenaards leven wel kan bestaan, maar ons niet heeft bereikt, omdat men niet wil of kan communiceren. Zo is er een litanië van mogelijke rampspoeden die een beschaving als de onze kan treffen. Daardoor zou de verwachte levensduur van intelligent leven wel eens te kort kunnen zijn om effectief onderling contact tussen de sterren mogelijk te maken. Het potentieel voor zelfvernietiging is groot, daar hoeft u alleen maar de bestsellerslijst voor in te kijken. Daar vindt u een breed spectrum van naderend onheil, van kernwapens tot overbevolking, van dodelijke virussen uit eigen biotechnologische kweek tot een wereldwijde opstand van nanorobots. En dan zijn er altijd nog die eigenwijze deeltjesfysici die zo graag in hun versnellers een kleine versie van de oerknal willen maken. Kunnen die niet per ongeluk een zwart gat laten ontstaan waarin de Aarde met een groot slurpend geluid verdwijnt?

Het is natuurlijk onmogelijk iets zinnigs te zeggen over de verwachte komst van de Dag des Oordeels, maar het is wel leuk dit te proberen. Zo is er een argument van Richard Gott, een bekend astrofysicus uit Princeton, dat gebruikmaakt van het feit dat de menselijke beschaving al zo'n 200.000 jaar bestaat.

Gott kwam op dat argument toen hij in 1969 een bezoek bracht aan de Berlijnse Muur. De Muur stond er toen acht jaar en hij vroeg zich af hoe lang die nog zou blijven staan. Gott berekende dat er een kans van vijftig procent was dat de Muur tussen de 3 en 24 jaar zou omvallen - geen slechte schatting, want het werden er uiteindelijk 20.

Gott redeneerde als volgt. Stel, we kijken terug op de totale wereldgeschiedenis, van kop tot staart, vanuit een gezichtspunt ver in de toekomst, ruim na de Aardse Dag des Oordeels. Laten we die geschiedenis verdelen in honderd intervallen van gelijke duur. En laten we ook aannemen dat wij nu, anno 2004, op een willekeurig punt in die totale tijdsperiode leven, dus in één van die honderd perioden. Maar we weten natuurlijk niet of het de eerste, drieënvijftigste of honderdste periode is. Er is een 99 procent kans dat we ons *niet* in de eerste periode bevinden. In dat geval zal de menselijke beschaving op z'n hoogst nog 99 keer de periode duren die we nu bestaan hebben. Met dit argument (waar behoorlijk wat op valt af te dingen vanuit het punt van de kansberekening) kunnen we dan met 99 procent zekerheid voorspellen dat er binnen 20 miljoen jaar een einde komt aan onze beschaving. Voelt u zich nog op uw gemak?

Een van de grote zwaktes van alle bovenstaande zwartgallige argumenten over de zeldzame en kwetsbare rol van het leven op Aarde, is dat we ons misschien wel veel te sterk laten leiden door dat aardse voorbeeld. In het boek *Evolving the Alien* betogen Jack Cohen en Ian Stewart dat er heel veel meer mogelijkheden voor levensvormen kunnen zijn dan we menen te denken. Gebrek aan verbeelding kan een remmende factor zijn. Sciencefictionsschrijvers proberen ons daar al lang op te wijzen en *Evolving the Alien* bevat dan ook enkele provocerende fragmenten uit die hoek.

Zo ontstaat in de roman *Dragon's Egg* (1980) van Robert Forward leven op een neutronenster, een tot een paar kilometer grote atoomkern samengebalde zon. Omdat op die ster alle processen onvoorstelbaar veel sneller gaan, is het tempo van de geschiedenis, en dus ook dat van de evolutie, er een miljard keer hoger dan op Aarde. Nadat deze neutronenster met ons contact heeft gemaakt, wordt met deze nucleaire *fast forward*-knop dan ook binnen een dag onze technologische voorsprong ingehaald en ruim voorbijgestreefd.

Marsmannetjes worden altijd voorgesteld als naaste familieleden, weliswaar zwaar ondervoed, groen, kaal en met een waterhoofd, maar toch zeer menselijk. Maar waarom kunnen er geen organismen bestaan die zwanger geboren worden, die twintig verschillende seksen kennen, die hun eigen kinderen opeten, die een duizend keer hogere druk dan onze atmosfeer kunnen doorstaan, die in kokende zwavelpoelen leven, die kilometers diep in de rotsen kunnen bestaan, die een kwart miljard jaar zonder water kunnen? Sterker nog, en dat is het punt van Cohen en Stewart, je hoeft niet op een verre ruimtereis te gaan om naar deze levensvormen te zoeken. Al deze absurde lifestyles zijn gewoon op de Aarde te vinden. En veel van dit soort extreme vormen van leven zijn pas kortgeleden ontdekt. Ook elders in het heelal zou het leven wel eens veel vindingrijker kunnen zijn dan de aanhangers van de Zeldzame Aarde-hypothese veronderstellen.

Dit is vooral een interessant punt waar het de zoektocht naar leven in ons eigen zonnestelsel betreft. De voor de hand liggende kandidaten, de sterk aan de Aarde verwante broeder- en zusterplaneten Mars en Venus, lijken nu vrijwel zeker levenloos te zijn. Dankzij het fenomenale broeikaseffect, veroorzaakt door het dichte wolkendek, is de temperatuur op Venus veel te hoog. En Mars is hoogstwaarschijnlijk nu veel te droog en te koud. (Hoewel dat heel goed anders kan zijn geweest in een ver verleden.)

'EN WAAROM KUNNEN ER GEEN ORGANISMEN BESTAAN DIE BIJVOORBEELD ZWANGER GEBOREN WORDEN, DIE TWINTIG VERSCHILLENDE SEKSEN KENNEN, DIE EEN DUIZEND KEER HOGERE DRUK DAN ONZE ATMOSFEER KUNNEN DOORSTAAN, DIE KILOMETERS DIEP IN DE ROTSEN KUNNEN BESTAAN, DIE EEN KWART MILJARD JAAR ZONDER WATER KUNNEN?'

Maar misschien moeten we, geïnspireerd door de sciencefictionverhalen, ook op de minder voor de hand liggende plekken zoeken. De Aarde is niet direct de opvallendste verschijning in ons zonnestelsel. Van veraf gezien loopt Jupiter meer in het oog. Het is een reusachtige gaswolk van waterstof en methaan. Eeuwigdurende wervelstormen teisteren er de atmosfeer. In het binnenste bevindt zich een kern van metallische waterstof. Niet een erg vriendelijke omgeving voor leven. Maar om Jupiter draaien dertig manen, waaronder de vier die Galilei in 1610 het eerst ontwaarde. De maan Io heeft de baan die het dichtst tegen de moederplaneet aanschuurt. De ongelooflijke getijdenwerking maakt Io tot een goede afspiegeling van de hel, met vulkanen die honderden kilometers hoog spuiten en kokende zwavelzeeën.

Maar er is ook Europa, de kleinste van de vier Galileïsche manen. Op het eerste gezicht is het een vuile sneeuwbal bedekt met een twintig kilometer dikke morsige ijslaag vol met scheuren. Maar hoogstwaarschijnlijk bevindt zich onder het ijs een warme oceaan. Net als bij Io staat de kern van Europa namelijk bloot aan fenomenale getijdenkrachten; ze wordt als het ware continu door Jupiter gekneed. Zoals een diepgevroren pak soep in een pannetje op het vuur ontdooit, zo smelt het pakje aan de onderkant af. Er moet dan ook veel vloeibaar water op Europa zijn, ongeveer evenveel als in alle oceanen bij elkaar op Aarde. Deze ijszee, die verwarmd wordt door vulkanen op de zeebodem, is een erg interessante biotoop. Zeker in het licht van de nieuwste theorieën rond het ontstaan van het leven op Aarde, waarin de lavakachels op de bodem van de oceaan een belangrijke rol spelen. Tegen ieders verwachting in blijken dit soort onderzeese vulkanen een broedplaats van microscopisch leven te zijn.

De oceanobodem van Europa kan daarom veel weg hebben van de oersoep waaruit vier miljard jaar geleden het leven op Aarde ontstaan is. Europa is dan ook een van de beste kandidaten in ons zonnestelsel om naar leven te gaan zoeken. Er zijn concrete plannen om een satelliet naar Europa te sturen om door het ijs heen te boren. Als oefening probeert men nu op Antarctica het Vostokmeer te bereiken, een soort binnenzee die bijna vier kilometer diep onder het zuidpoolijs verborgen zit. Ook zijn robotonderzeebootjes aan het oefenen bij de vulkanen op de oceanobodem bij Hawaï.

In een amusant sciencefictionverhaal laten Cohen en Stewart intelligente wezens de warme oceanen van Europa bevolken. Gracieuze vissen in een hermetisch afgesloten universum. Het is dan ook een grote schok als deze perfecte wereld door een NASA-sonde wordt aangeboord.

Een andere en veel actuelere mogelijkheid voor leven in het zonnestelsel is Titan, de grootste maan van Saturnus, die Christiaan Huygens in 1655 ontdekte. Als enige maan in het zonnestelsel draagt Titan een atmosfeer. Deze bestaat uit stikstof met een beetje methaan. Kortgeleden hebben we prachtige foto's kunnen zien van het oppervlak van Titan, gemaakt door de Amerikaans-Europese ruimtesonde Cassini, die in staat is dwars door het oranje wolkendek te kijken. Op eerste kerstdag zal de robot Huygens naar Titan afdalen om vervolgens beelden van het landschap uit te zenden. Ook deze maan is waarschijnlijk, net zoals Europa, met dik ijs bedekt. Maar misschien dat ook hier onderaanse oceanen bestaan die als watervulkanen door het ijs naar buiten spuiten om zo vloeibare meren te voeden.

Het zou verkeerd zijn hier de indruk te wekken dat de studie van buitenaards leven alleen uit pure speculatie bestaat, ook al gaan beide boeken graag in op de smeuge details van deze fantasieën. Juist de komende jaren zullen we een spectaculaire ontwikkeling zien van de astrobiologie, via nieuwe ruimtemissies maar ook via meetinstrumenten op Aarde. Er worden nu in snel tempo vele nieuwe planeten ontdekt bij naburige sterren. In de toekomst zal men met zeer gevoelige apparatuur de samenstelling van de eventuele atmosfeer van enkele planeten kunnen meten. Daarmee zullen we voor het eerst kwantitatieve uitspraken kunnen doen over de beschikbaarheid van de noodzakelijke ruwe ingrediënten voor leven. Maar het antwoord op de vraag van Fermi en het raadsel van de Grote Stilte zal nog even op zich laten wachten. Ondertussen kunnen we ons slechts verbazen over de ongekende mogelijkheden van ons universum.

Ik was onlangs in de gelegenheid de magische virtuele reis door de Melkweg opnieuw te zien. Vijf jaar geleden moest daar nog een krachtige supercomputer voor gebruikt worden. Nu kan dat, dankzij de hoge eisen die de moderne computerspelletjes stellen, gewoon op uw eigen pc. U kunt het digitale universum downloaden op [www.haydenplanetarium.org](http://www.haydenplanetarium.org) en op uw eigen harde schijf zetten. Op diezelfde website vindt u trouwens ook een model van alle bekende sterrenstelsels in een aanzienlijk deel van het voor ons zichtbare heelal, voor als u eens echt duizelig wilt worden.

Maar ik moet zeggen, het is indrukwekkender om de reis in een planetarium te maken, in het donker, helemaal omsloten door de sterrenzee. Eigenlijk zou iedereen deze relativerende ervaring zo nu en dan moeten kunnen ondergaan. Er is niets méér voor nodig dan een computer, een projector en een mooie grote koepel. Daar weet ik er nog wel een paar van.

**Robbert Dijkgraaf** is hoogleraar wiskundige fysica aan de Universiteit van Amsterdam.

**Besproken boeken:**

*Evolving the Alien. The Science of Extraterrestrial Life*  
door **Jack Cohen en Ian Stewart**  
Ebury Press. Londen 2002.  
384 pag., € 30,75

*Where Is Everybody? - Fifty Solutions to the Fermi Paradox and the Problem of Extraterrestrial Life*  
door **Stephen Webb**  
Copernicus Books. New York 2002.  
304 pag., € 26,30